農業感測系統介紹

文／陳加忠
農試所農工系

在進行自動化作業之前，必須對於周圍環境與控制設備之現有動作狀態有知覺，用以瞭解各種狀態之作業稱爲感測，擔任感測之設備稱爲感測器。感測的精確與否，即決定了控制作業之性能。

完整的感測系統包含三部份，：(1)感測器，(2)信號處理，(3)信號傳送。在進行感測作業時，被感測的對象對感測器之元件部份產生刺激，使感測元件因反應而有訊號發生；由於信號一般十分微弱，或是參雜其他訊號，因此必須由第(2)部份加以處理。感測器的位置與控制部份通常有一段距離，因此信號需經導線或是無線傳送至控制器。

農業自動化之感測系統主要有環境感測與機械感測兩類。環境感測以溫室環控爲例，包括溫度、相對濕度、二氧化碳濃度、日照能量、雨量、風向、風速等，在灌溉作業利用土壤水份計，在養液栽培需要感測EC，PH值，在育苗作業方面，對育苗機械之位置、速度、角度、加速度、力、流量等均爲感測對象。

同一量測對象往往有不同之感測設備，對於農業所用感測器之選擇，應該考慮的因子如下：

1. 適用的範圍：以溫室溫度爲例，量測範圍約在5～60°C之間。

2. 準確性：所需量測對象之精密度，例如±1°C，±3% RH。

3. 反應訊號：感測量變化至量測顯示之所需時間。

4. 工作環境：環境之溫、濕度、灰塵、振動等。

感測系統的信號處理包括信號的檢查、放大、過濾等。在農業感測上最常遭遇的問題爲雜訊侵入，因此在量測時，必須針對訊號輸送的距離，量測訊號之條件(電壓或電流——)加以考慮。

感測器的校正十分重要，尤其在農業環境下使用之感測系統，通常在使用之前最好校正一次。

近年來農用感測系統的改良方向包括感測組件化，準確度加強，容易與電腦介面相連結，輸出訊號標準化(0-1或4-20mA)。應用在田間現地量測，對生物體執行非接觸性量測，並研究開發一次同時量測多

種參數。

常用的農業用感測器介紹如下：

(一). 溫度感測器

溫度感測器爲農業環控最主要的感測設備，傳統利用之設備係以熱力學性質開發而成，如利用水銀、酒精膨脹原理製作而成之液體溫度計，或是以金屬片受熱變形原理完成之雙金屬溫度計。而常用於自動控制之溫度感測器係利用電子性質製作而成。

以電子原理開發而成主要的溫度感測器，主要有四種，以在農業環境利用特點說明如下：

1. 熱電偶溫度計：特點爲簡單、耐用、成本低廉，可製成各類形狀，其缺點爲線性化不良，輸出電壓低，易受雜訊干擾，敏感度，穩定性不良。

2. 電阻式溫度計：穩定性良，準確度高，比熱電偶型溫度計有更佳之線性輸出，但成本較高，反應較慢，有自熱現象。

3. 熱阻體溫度計：輸出電壓高，反應快速，但非線性化嚴重，量測溫度受限，易受損害。

4. IC半導體溫度計：線性化最佳，輸出電壓高，成本低，但量測溫度範圍小，反應慢，自我加熱，受形狀之限制。

在農業自動控制系統之應用上，主要以電阻式溫度計爲主，尤其在感測點已固定，溫度計不需多置之作業應用範圍，其感測元件以白金PT-100爲主。

(二). 相對濕度感測器

相對濕度量測器通常以乾、濕球溫度量測方式加以執行，其精密往往受到濕球量測準確性與相對濕度換算表的限制。近年來，電子濕度計開始爲農業環控系統所利用，主要的應用方式有電容式濕度計與電阻式濕度計。前者應用範圍較廣，但成本較高。

1. 濕球溫度量測

利用量測乾濕球溫度以計算相對濕度在農業環境之相對濕度值量測上十分普遍。濕球溫度之量測方式係將溫度計上覆蓋乾淨之吸水物，利用虹吸作用自一貯水桶上吸取水份以維持溫度計上所需水份，在空氣通過表面時，由於水氣的蒸發使溫度低於乾球溫度，此時所量得之溫度稱爲濕球溫度。

利用濕球溫度量測，計算相對濕度的量測準確性影響因子有二種；一、乾溼球溫度的準確性，二、計算相對濕度的公式是否合適。爲確信濕球溫度量測係到達熱平衡狀，通過濕球表面之風速不得少於4m/sec。

綜論此方式之限制因子如下：

(1). 量測時需注意通過之風速與紗布表面供水狀態。

(2). 紗布表面需維持乾淨狀態。

(3). 讀出訊號爲濕球溫度，需利用公式以計算相對濕度值。對於以相對濕度值爲控制據之控制並不適用，僅適用微電腦控制且有足夠記憶空間貯存計算公式之設備。

2. 電子式濕度計

A. 電阻式感應器

(Resistive Hygrometer)

此種感應器之主要作用原理是利用環境濕度對於感應元件電阻係數之影響，而將此影響值轉換成對應之相對濕度值，主要使用之感應元件有(a)半導體元件,(b)高分子薄膜。適用範圍爲20～95%RH。

B. 電容式濕度計

(Capacitive Hygrometer)

此種感應器之基本原理是利用高分子薄膜元件其電容量與環境相對濕度之相關性以轉換爲可輸出之相對濕度值。元件構造類似三明治，由兩層多孔性電極體包夾一層吸濕性聚合體(Hygroscopic Polymer)。由於外界濕度之改變，影響了吸濕聚合體的吸濕性，而其物性也爲之改變，利用此種改變可量測濕度。適用範圍爲10～95%RH。

(三). 日照能量感測器

(Pyranometer)

此種設備用以量測日照之全部能量，在國內溫室環控之遮蔭控制中爲不可或缺的感應器，農業上常用的感測器以作業原理分爲兩類：

1. 利用熱電對列元件(Ther-

mopile)

主要感測元件係利用特製之熱電偶分別量測不同顏色覆蓋材料下之能量吸收差量，因能量吸收引起之溫度差，以產生電壓。準確性高，售價昂貴。

2. 光電池(光二極體)

主要利用光電池因光電效應引起電子流動而產生一電場，而以電流輸出，其反應光譜爲400-1,100nm之間。

世界氣象學會將日照能量感測器區分爲三級。可用以校正其他日照計之設備爲二次標準級(Secondary Standards)，目前僅有兩種商用日照計到達此標準(1)Eppley Model ESP型與(2)Kipp and Zonen Model CM11型。第一級(First Class)之標準即可應用於農用感測系統。

利用光電池原理開發而成之日照計，經校正後可應用於農業環控系統，國內廠商已有此自己生產能力，售價在5仟元以下。

㈣. 光合作用有效能量計 (PAR Meter)

用以量測植物光合作用時所需之有效光能量，其波長主要在於400-700nm之間，以短波的量測爲主，亦可利用全日照能量感測器過濾波長以進行量測。

㈤. 風速計

用以測定風速的設備，主要應用原理有回轉型(Rotation anemometer)與熱線型(Hot-wire anemometer)。前者係利感測元件風車回轉速度與風速的比例加以測定。後者利用金屬線加熱後，因風通過引起的溫度變化對電壓之影響加以測定。農業之應用以前者爲主，在溫室環控上主要用以調整側窗，天窗的開啓。一般之風速計具有可同時量測風向裝置。

㈥. 雨量感測器

用以感測下雨狀況之設備，通常可記錄雨量大小，在農業環控上主要用以感測下雨狀態，以對天窗等環控設備加以作用，以保護設施內作物。

㈦. 二氧化碳感測器

用以量測空氣中二氧化碳的濃度，最常利用的設備爲應用紅外線分析法，由於售價昂貴，通常利用氣體抽取方式，將各取樣點的氣體抽至量測器主體進行分析。

㈧. 作物生長感測 (Crop Growth Measurement)

設施內作物成長各種物性之量測是作物栽培控制管理之重要依據。作物主要的生長階段可分爲營養生長與生殖生長，營養生長包括種子發芽，幼葉長成，光合成作用，有機物生成——等，常用以量測的指標如草長，葉數，葉面積，重量——等。生殖生長指世代交替之開花、結果、種子生成等，常用的量測指標如果實之大小，重量，成熟度——等。目前可用之技術介紹如下：

1. 莖伸長量量測：

通常利用差動轉換器(LVDT)進行量測，使伸長量以電壓輸出。

2. 莖徑量測

可利用光學反射原理，利用莖幹遮光作用加以量測。

3. 重量量測

利用天平原理量測植株成長階段重量變化。

4. 葉面積量測

利用光照時葉面不透光性之原理加以量測。

5. 根系量測

適用於養液栽培，係利用根系對導電率之影響。

6. 成長位置量測

利用影像處理技術。

7. 果實大小量測

可利用LVDT或影像處理技術。

8. 成熟度量測

利用音波，加速度——等原理，因成熟度不同而改變反應之量測技術。

㈨. 遙感感測

感測器與量測目標並不接觸之感測方式，其優點在於可避免感測器對於感測對象之干擾，其應用各種電波爲主，對作物生理量測十分重要。

㈩. 無線傳遞

感測器訊號傳遞至接收設備係利用無線方式，以避免導線之施工困難。常用的方式有微波，雷射、AM、FM頻率等。